



GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL
DEPORTE

TRABAJO FIN DE GRADO

**Estudio de la Variabilidad de la Frecuencia
Cardiaca como método de cuantificación de la
carga y comparación con otros métodos actuales**

AUTOR: EDUARDO PARDO ADELL

TUTORAS: NURIA GARATACHEA Y RAQUEL BAILÓN

11/06/2018

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es el estudio de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (HRV) como parámetro de seguimiento de la carga de entrenamiento y el estado de predisposición física de un deportista, así como indicador de posibles estados de fatiga y sobreentrenamiento, y su relación con otros métodos de control de la carga más habituales como son el método TRIMP (*Training Impulse*), sRPE (Ratio de Esfuerzo Percibido de la Sesión) y los metros recorridos. El estudio se realizó a 12 jugadores profesionales de baloncesto que juegan en la primera división española durante 5 semanas de entrenamiento. Se les realizó un examen antropométrico y una prueba de esfuerzo, así como un seguimiento durante las 5 semanas de los parámetros de TRIMP, sRPE y metros recorridos y de los tiempos trabajados en cada zona de la FC (Frecuencia Cardiaca). Por último, se les tomo muestras al inicio y final de cada semana de los parámetros de HRV durante 10 minutos en basal, antes de los entrenamientos. A partir de aquí se correlacionaron los diferentes valores de medias de los métodos de cuantificación de la carga y diferencias semanales de los valores de HRV. Los resultados reflejaron una correlación, sobretodo en la tercera semana, de HRV con el sRPE, así como una fuerte correlación entre sRPE, TRIMPS y metros recorridos. Diversos parámetros como HRM (Frecuencia cardiaca media), ratio PLF/PHF (Potencia de frecuencias bajas y Potencia de frecuencias altas) o ratio PLFn (PLF/PLF+PHF), obtuvieron buenas líneas de relación en varias ocasiones. Las conclusiones son positivas en cuanto a la utilidad de HRV y su complementación con el sRPE en la cuantificación de la carga de un equipo de baloncesto, así como método de seguimiento del estado de fatiga y recuperación del jugador.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN (pág. 1)
2. METODOLOGÍA (pág. 4)
 - 2.1. SUJETOS (pág. 4)
 - 2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL (pág. 5)
 - 2.3. MEDICIONES (pág. 5)
 - 2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (pág. 7)
3. RESULTADOS (pág. 8)
 - 3.1. ZONAS DE TRABAJO (pág. 8)
 - 3.2. CARGA DE ENTRENAMIENTO (pág. 9)
 - 3.3. VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA (pág. 9)
 - 3.4. RELACIÓN ENTRE VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA Y OTROS MÉTODOS PARA ESTIMAR LA CARGA DE ENTRENAMIENTO (pág. 11)
4. DISCUSIÓN (pág. 14)
5. CONCLUSIONES (pág. 18)
6. BIBLIOGRAFÍA (pág. 19)

1. INTRODUCCIÓN

Desde siempre en las ciencias de la actividad física y el deporte se han planteado constantemente diferentes métodos de entrenamiento, así como métodos de seguimiento, evaluación y planificación del mismo. Hoy en día, con la gran diversificación en cuanto a deportes, niveles de entrenamiento y objetivos, así como las diferencias fisiológicas, antropométricas, psicológicas, etc. que nos distinguen a cada uno, se requiere un seguimiento y planificación del entrenamiento totalmente individualizado, para satisfacer las metas de cada uno, sea de nivel profesional o amateur, e intentar evitar un entrenamiento que no se ajuste al nivel actual, lo cual puede desembocar en estados de sobreentrenamiento, e incluso en problemas más serios (lesiones, problemas psicológicos, etc.)

Uno de los métodos que se plantea como útil en el campo científico para la planificación y prevención en la actividad física es la medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (*Heart Rate Variability* en Inglés). La HRV se define como la variación de la frecuencia del latido cardíaco durante un intervalo de tiempo definido con anterioridad en un análisis de periodos circadianos consecutivos. Se mide el tiempo entre onda R y onda R (Roldas, G. et al, 2008). Se trata de un método no invasivo que nos permite evaluar la interacción entre los sistemas nerviosos simpático y parasimpático del sistema nervioso autónomo, reflejando la capacidad de adaptación del organismo a las condiciones fisiológicas cambiantes (Naranjo, J. et al, 2015). También se relaciona con los cambios sincronizados entre el sistema cardiovascular y el sistema respiratorio, como la arritmia sinusal respiratoria (variación de la FC (Frecuencia Cardíaca) con el ciclo respiratorio) (Billman, G.E., 2011).

Ya en los años 60, con el desarrollo de técnicas digitales de procesamiento de la señal, se consiguió cuantificar y analizar mínimas variaciones entre pulso y pulso en parámetros cardiovasculares. Más adelante, en los 70, se desarrollaron análisis de las bases fisiológicas en los componentes individuales que comprenden las variaciones periódicas en la FC, para más tarde con los dominios del tiempo y la frecuencia, llegar a la HRV (Billman, G.E., 2011).

En la actualidad, se trabaja con diversos parámetros a la hora de analizar la HRV. Por un lado, los que tienen que ver con el dominio del tiempo, en las que se utilizan los pulsos normales (cuya despolarización se origina en el nódulo sinoauricular). De esta manera se halla el intervalo NN (normal-normal), que es el intervalo entre complejos QRS normales adyacentes. A partir del intervalo NN medio, FC media, rango NN (el más corto y el más largo)... se calculan otras variables como la SDNN (raíz cuadrada de la varianza del intervalo NN). Otro

método es determinar el número de pares de pulsos normales que difieren en más de 50ms (pNN50) o la raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR sucesivos (RMSSD) y la desviación estándar de todos los intervalos (Billman, G.E, 2011).

El otro medio de medición es el de dominio de la frecuencia. Es más exacto que las técnicas de tiempo, y realiza un análisis de la densidad espectral de la potencia. Durante 2-5 minutos de medición se obtienen tres componentes frecuenciales fundamentales (Billman, G.E., 2011), cuya potencia se obtiene integrando la densidad espectral de potencia en unas bandas establecidas:

- VLF (Very Low Frequency): Frecuencia muy baja (menos de 0.04 Hz)
- LF (Low Frequency): Frecuencia baja (entre 0.04 y 0.15 Hz). Relacionado tanto con el sistema parasimpático como con el simpático.
- HF (High Frequency): Frecuencia alta (entre 0.15 y 0.4 Hz). Relacionado con el sistema parasimpático.

Se usa también el ratio LF/HF (cociente entre la potencia en la banda LF y la potencia en la banda HF), que nos indica la relación o dominancia del sistema simpático (asociado a situaciones de estrés o peligro) sobre el vagal (asociado con estados de relajación). La predominancia permanente del sistema nervioso simpático se relaciona con trastornos de salud, depresiones, sobreentrenamiento o lesiones musculares, e incluso el equilibrio fisiológico de la persona (Roldas, G. et al, 2008).

Así, existe un amplio número de técnicas (y otras que han surgido con el tiempo, como el “*stress score*” o el “*sympathetic/parasympathetic ratio*” (S/PS ratio) (Naranjo, J. et al, 2015)) para el seguimiento de un deportista en su proceso de entrenamiento. Además, la técnica de medición es un proceso no invasivo, y se pueden tomar muestras fácilmente durante la mañana (se considera que diez minutos serían suficientes). La toma de medida tras un ejercicio intenso puede presentar problemas, debido a que es complicado medir con altas frecuencias respiratorias los cambios dinámicos en el HRV (Billman, G.E., 2011) y por el retraso de la reactivación parasimpática por la acumulación de metabolitos de estrés (Stanley, J. et al, 2013).

Se establece entonces que la HRV, parece ser un método fiable de evaluación y planificación del entrenamiento para el desarrollo de las capacidades cardiovasculares (Kiviniemi, A. et al,

2010), fuerza (Stanley, J. et al, 2013), o en deportes de equipo como el fútbol (Bricout, V.A., et al, 2010).

Como se ha comentado anteriormente, es necesario llevar a cabo la individualización del entrenamiento y estudiar la complejidad del sujeto. Diversos métodos como medidas antropométricas, test de velocidad o capacidad aeróbica, test psicológicos, etc. son perfectamente complementarios al seguimiento de la HRV. En deportes de equipo, como el baloncesto, deporte cuyos jugadores son sujeto de análisis en este estudio, el estado de ánimo, afectado por el rendimiento u otros factores (falta de dinero, problemas con el entrenador, etc.), reflejado en la fatiga, bienestar, dolor o intensidad de la práctica, se usa como indicador adicional de estancamiento y sobreentrenamiento (Hoffman, J.R., 1999). Las condiciones competitivas afectan al estado de ánimo y la ansiedad en el rendimiento, lo cual influye en el rendimiento del equipo (Hoover, S.J. et al, 2017).

Finalmente, dentro de esta idea de globalidad del deportista, son necesarias otras variables para el correcto seguimiento del rendimiento, como la intensidad de los entrenamientos mediante TRIMP, o una escala de dolor percibida por el deportista.

Así pues, el objetivo de este trabajo es el estudio de la HRV como parámetro de control de la carga de entrenamiento y el estado de predisposición física de un deportista, así como indicador de posibles estados de fatiga y sobreentrenamiento, y su correlación con otros métodos actuales de control de la carga como son el método TRIMP, el método sRPE y los metros recorridos.

2. METODOLOGÍA

Sujetos

El estudio se ha realizado a 12 jugadores (n=12) profesionales de baloncesto que juegan en la primera división española. Los jugadores tenían 27.58 ± 5.14 años de edad, 96.70 ± 11.09 kilos de peso, 200.17 ± 7.28 centímetros de altura, $9.44 \pm 2.28\%$ de grasa Yuhasz y 10.33 ± 5.33 años de experiencia. Dentro del equipo, según posiciones, se diferencian en base (n=1), escolta (n=2), alero (n=4), ala-pívot (n=3) y pívot (n=2).

En cuanto a las características fisiológicas, los jugadores tenían a un VO_2max (consumo máximo de oxígeno máximo) de 53.23 ± 4.25 ml/kg/min, una FC en el VO_2max de 182.92 ± 8.01 ppm, el VT2 (umbral anaeróbico) en 44.872 ± 2.83 ml/kg/min VO_2 (a 167.67 ± 5.83 ppm) que supone el $85.08 \pm 3.03\%$ del VO_2max , y el VT1 (umbral aeróbico) en 37.58 ± 3.60 ml/kg/min VO_2 (a 147.92 ± 4.94 ppm), que supone el $72.25 \pm 4.94\%$ del VO_2max .

Una semana antes del inicio de la investigación, todos los participantes fueron informados de los objetivos y los riesgos del estudio, y a continuación dieron su informe escrito de consentimiento de participación voluntaria. Todos los jugadores fueron sometidos a una examinación física por parte del cuerpo médico y cada uno fue descartado de cualquier desorden cardiaco o metabólico que pudieran confundir o limitar su capacidad de participar plenamente en la investigación.

Este estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica de Aragón (CEICA) con el código: N° 06/2018 de acuerdo con la última versión de la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2013)

Diseño experimental

Los datos de carga de entrenamiento fueron registrados durante 5 semanas desde el 5 de diciembre de 2017 al 5 de enero de 2018. Cada semana de entrenamiento responde a una semana de trabajo normal donde las sesiones prácticas fueron planificadas por el cuerpo técnico, incluyendo componentes tácticos, técnicos, físicos, etc. Cada semana tiene la misma estructura, cuatro o cinco sesiones de entrenamiento consecutivas, partido y 24h de descanso. Siguiendo esta estructura se han analizado un total de 22 sesiones de baloncesto. Para este estudio se han tomado diariamente los parámetros de FC y sRPE, así como TRIMPS y metros recorridos. También se registró la HRV, en basal, cuyas tomas coincidían con el primer día de la semana y el último de cada semana de entrenamientos.

Mediciones

Prueba de esfuerzo

Tres semanas antes de que comenzara la investigación los jugadores completaron un test incremental en cinta para determinar el VO_2max y los umbrales aeróbico y anaeróbico (VT1 y VT2). Se han medido respiración a respiración usando un analizador de gases (CPX/D Med Graphics, St. Paul, MN, USA). El protocolo usado fue el siguiente: Después de 5 minutos de calentamiento (8 km/h), los jugadores empezaron a 10 km/h con un 3% de inclinación. Después de 30 segundos, la velocidad se incrementó 0.5 km/h hasta que los voluntarios llegaran al agotamiento. Después del agotamiento, la fase de recuperación, 5 minutos al 60, 55, 50, 45 y 40% de la máxima velocidad alcanzada. El mayor valor de FC se estableció como FC máxima (Buchfuhrer, M.J. et al, 1983).

Medición de la FC

La FC se registró usando el POLAR TEAM PRO[®] (Polar, Finland) (Sapp, R.M. et al, 2017) durante cada sesión de entrenamiento. Durante las cinco semanas que duró el estudio (22 sesiones) cada jugador uso una cinta de FC por debajo del pecho. Cada jugador estaba familiarizado con el uso de estas cintas desde el inicio de la temporada. Durante la sesión la FC fue registrada por el monitor de la cinta a 0.01 segundos de intervalo. Estos datos fueron registrados inmediatamente por vía Bluetooth en el software POLAR TEAM[®]. Los datos

proporcionados por el software fueron el total de tiempo por sesión desde el principio hasta el final, la FCmax, la FC media y el tiempo que los jugadores, según su FC, trabajaban en las distintas zonas de trabajo (50-60%, 60-70%, 70-80%, 80-90% y 90-100%), todo expresado en porcentajes.

Esfuerzo percibido

Para obtener el esfuerzo percibido y la relación con el volumen de cada jugador, se han adoptado dos opciones, el modelo perceptivo y el psicológico. Por un lado se ha usado la percepción de la carga interna de entrenamiento (sRPE) (Barroso, R. et al, 2015). sRPE es el producto de la duración y de la escala BORG donde la intensidad del entrenamiento se valora de un rango de 10 puntos. Cada jugador, 15 minutos después de la práctica respondieron a la cuestión: ¿Cómo de dura ha sido la práctica de hoy? Y con la escala BORG en frente de él, el jugador dio un valor la misma.

Impulso de entrenamiento (TRIMP)

Por el otro lado, el método fisiológico responde al uso de TRIMP (*Training Impulse*). Para determinar el total de TRIMP se dividió la práctica en tres fases diferentes de acuerdo al protocolo Lucia's TRIMP, el cual cuantifica las respuestas internas usando duraciones en las que los jugadores trabajaron en 3 zonas de intensidad (mediante la FC) por debajo, entre y por encima de 2.5 y 4.0 mmolL⁻¹ (minimoles de lactato en sangre), determinados en el test incremental. Dependiendo de a qué cantidad de lactato está asociada cada FC, el valor se multiplica por 1, 2 o 3. Así, obtenemos el TRIMP de cada sesión sumando el tiempo total en el que la FC corresponde con menos de 2.5 mmolL⁻¹ (multiplicado por 1), el tiempo en el que la FC corresponde a un valor entre 2.5 y 4.0 mmolL⁻¹ (multiplicado por 2) y el tiempo en el que la FC corresponde a un valor por encima de 4.0 mmolL⁻¹ (multiplicado por 3) (Fox, J.L. et al, 2017).

HRV, PLF, PHF, PLFn, PLF/PHF, RMSSD y HRM

Finalmente, respecto a la toma de valores de HRV, se tomaron muestras el primer día y el último de cada semana de entrenamiento. Los registros se tomaron durante las 5 semanas, y durante diez minutos previos a la sesión de entrenamiento con los sujetos sentados y en silencio. Las series de los intervalos RR se obtuvieron mediante POLAR TEAM (Polar, Finland), con una precisión de 1ms.

Se calcularon unos índices de HRV. Para los índices de dominio de la frecuencia, se usó el periodograma de Welch con ventanas de 3 minutos y paso de 40 segundos entre ellas, para estimar la densidad espectral de potencia en los 8 minutos centrales del registro. De ahí se integró la potencia de PLF (entre 0.04 y 0.15 Hz) y de HF (entre 0.15 y 0.4 Hz). El valor PLFn se obtiene con la fórmula $PLF/(PHF+PLF)$ y es considerada una medida de balance simpátovagal similar al ratio LF/HF, pero más robusta. En cuanto a los valores de dominio de tiempo, el RMSSD es la raíz cuadrada de la media de la diferencia de intervalos RR consecutivos, y finalmente, HRM es el ritmo cardíaco medio.

Análisis estadístico

El software empleado para el análisis de datos es el Excel (Microsoft, EEUU). Se establecieron las fórmulas de media aritmética y desviación típica para los valores descriptivos de los jugadores, tanto, antropométricos (altura, edad...) como fisiológicos (% tiempo en zonas de FC, $VO_2\text{max}$...). Para los valores de TRIMP, sRPE y metros recorridos, también se emplearon medias aritméticas y desviaciones típicas, al igual que con los valores de HRV.

Se extrapolaron estos seis parámetros al Excel para proseguir con las correlaciones.

Finalmente, se usó la herramienta de análisis de datos de correlación para estudiar la relación lineal de los parámetros de cuantificación de la carga y de HRV.

3. RESULTADOS

Zonas de trabajo

Los jugadores, a lo largo de las 22 sesiones registradas, presentaron los siguientes porcentajes para cada una de las zonas de FC. Se encontraron diferencias interindividuales importantes en el % de tiempo de trabajo en la zona 4 de FC (80-89% FCmax), encontrando resultados desde un 7.3% a un 26.5%, lo cual se refleja en una alta desviación típica. Cabe destacar también que en la zona 5 (90-100%), algún jugador presentó menos de un 1%, frente a otros que superan el 13%. Los datos pueden observarse en la Tabla 1.

Tabla 1

% de tiempo en cada una de las zonas de FC

	Zona 0	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Jugador 1	24.4%	18.9%	18.0%	19.9%	16.1%	2.7%
Jugador 2	6.2%	12.5%	20.6%	22.4%	25.1%	13.3%
Jugador 3	10.7%	12.2%	19.5%	18.8%	24.0%	14.8%
Jugador 4	24.4%	12.6%	21.8%	28.9%	12.0%	0.3%
Jugador 5	14.1%	23.3%	25.5%	28.0%	8.8%	0.2%
Jugador 6	17.4%	25.1%	25.6%	21.9%	9.1%	0.9%
Jugador 7	8.5%	15.8%	18.5%	20.2%	27.1%	9.8%
Jugador 8	11.5%	18.3%	19.0%	17.2%	25.9%	8.0%
Jugador 9	25.5%	20.8%	23.1%	23.4%	7.3%	0.0%
Jugador 10	11.7%	20.7%	19.1%	21.4%	21.6%	5.6%
Jugador 11	10.2%	18.6%	19.9%	21.2%	26.5%	3.6%
Jugador 12	18.3%	22.5%	18.5%	19.4%	19.0%	2.3%
Media	15.24±6.64%	18.43±4.37%	20.76±2.69%	21.90±3.48%	18.55±7.57%	5.13±5.2%

Zona 0 de FC (>50% de la FC máxima); Zona 1 de FC (50-59%); Zona 2 (60-69%); Zona 3 (70-79%); Zona 4 (80-89%); Zona 5 (90-100%).

Carga de entrenamiento

Se han recopilado, como dato informativo, las medias y desviaciones típicas de TRIMP, sRPE y Metros recorridos, cada semana, en la Tabla 2.

Tabla 2
Cargas de entrenamiento semanales

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
TRIMPS	438±84.4	358.5±56.7	353.5±72.9	377.5±141	473.4±168.7
sRPE	1974.7±412.99	1870.2±258.8	1820.5±244.4	2100±707.7	2196.8±824.4
Metros	14672.5±3334.3	11897.8±1773.5	9407±1551.2	11575.6±4048.7	14361.9±4776.7

Se presentan medias y desviaciones típicas semanales, en tres parámetros diferentes.

Los datos con los que se han estudiado las correlaciones son las medias semanales por jugador, de cada uno de estos tres parámetros. Cabe mencionar que un jugador, por lesión, no asistió a los entrenamientos a partir de la semana 4, por lo que no se le ha tenido en cuenta para las correlaciones de las semanas 4 y 5.

Los datos, por semanas, se presentan en la tabla 3, junto con los obtenidos por el registro de HRV, para el estudio de las correlaciones.

En cuanto a estos tres parámetros de cuantificación de la carga, se han apreciado varias correlaciones de más de 0.5. En la semana 1, la media sRPE con la media TRIMP ($r=0.54$). En la semana 2, TRIMP con sRPE, presentan una correlación perfecta ($r=1$), En la semana 3, obtenemos correlaciones altas tanto entre TRIMP y sRPE ($r=0.57$), Metros y TRIMP ($r=0.62$), como Metros y sRPE ($r=0.6$). En la semana 4, TRIMP relacionado con sRPE ($r=0.65$) y Metros (0.58). Y, finalmente, en la semana 5, volvemos a encontrarnos con las tres correlaciones altas: TRIMP y sRPE ($r=0.55$), Metros y TRIMP ($r=0.72$) y Metros y sRPE (0.63). Dentro de las fluctuaciones entre los valores de los tres parámetros durante las cinco semanas, lo más resaltable es la constante alta correlación entre las medias semanales de TRIMP y sRPE, llegando incluso a ser perfecta en la semana 2.

HRV

Dentro de los seis parámetros analizados, y las diferencias semanales (aumento o descenso de las variables desde la primera sesión a la última de la semana en cuestión), encontramos ciertos índices de correlación. En la semana 1, encontramos una alta correlación entre la

diferencia de PLF con las diferencias de PHF ($r=0.97$), PLFn ($r=-0.66$), PLF/PHF ($r=-0.90$) y de HRM (-0.83). También entre la diferencia de PHF con la diferencia de PLFn ($r=-0.80$), de PLF/PHF ($r=-0.97$) y de HRM ($r=-0.84$); entre la diferencia de PLFn con las diferencias de PLF/PHF ($r=0.89$) y de HRM ($r=0.72$); y entre la diferencia de PLF/PHF con la de HRM ($r=0.81$).

En la semana 2, la diferencia de PLF tiene alta correlación con la de PLFn ($r=0.81$) y la de PLF/PHF (0.68). La de PHF, con la de PLFn ($r=-0.57$); la de PLFn, con las de PLF/PHF ($r=0.84$) y HRM ($r=0.57$); y la de PLF/PHF con la de HRM ($r=0.68$).

En la semana 3, entre los parámetros de HRV, se encuentran altos índices entre la diferencia de PLF con la diferencia de PHF ($r=0.99$), con la de HRM ($r=0.9$) y con la de RMSSD ($r=0.99$); la de PHF, con la de HRM ($r=0.9$) y la de RMSSD ($r=0.99$); la de PLFn, con la de PLF/PHF ($r=0.85$); y la de HRM con la de RMSSD ($r=0.89$).

En la semana 4, vemos correlaciones de más de 0.5 entre la diferencias de PLF con la de PHF ($r=0.99$), de PLFn ($r=-0.88$), la de PLF/PHF ($r=-0.94$) y la de RMSSD ($r=0.52$); la de PHF con la de PLFn ($r=-0.90$), la de PLF/PHF ($r=-0.95$) y la de RMSSD ($r=0.54$); y, finalmente, la de PLFn con la de PLF/PHF ($r=0.99$).

Por último, en la semana 5, encontramos los índices altos entre la diferencia de PLF con la de PHF ($r=0.98$), la de PLFn ($r=-0.87$) y la de PLF/PHF (-0.97); la de PHF con la de PLFn ($r=-0.94$) y la de PLF/PHF ($r=-0.98$); y la de PLFn con la de PLF/PHF ($r=0.9$)

Tras resaltar estos datos, encontramos varias tendencias de correlaciones mayores que 0.5 entre varios parámetros. La correlación alta en el estudio que se ha dado de manera constante en todas las semanas, es la de la diferencia semanal de PLFn con la de la diferencia del ratio PLF/PHF (se calculan a partir de la misma información). Después, en cuatro de las cinco semanas, se han dado entre PLF y PHF, PLF y PLFn, PLF y PLF/PHF, y PLFn y PHF.

Otras conclusiones, a parte de estas líneas más constantes de correlación, son la de la alta correlación de HRM con todos los parámetros (salvo RMSSD) en la semana 1 (en la semana 3 pierde correlación con dos parámetros).

HRV y Carga de entrenamiento

En el objetivo más importante que nos planteamos, el de relacionar la HRV con los métodos tradicionales de control de la carga, se han encontrado algunas correlaciones válidas. En la primera semana, la media de metros con la diferencia de HRM ($r=-0.52$).

En la semana 2, sobresale la correlación de la media de sRPE con todas las diferencias semanales de los parámetros de HRV (PLF ($r=0.55$), PHF ($r=0.56$), PLFn ($r=-0.59$), PLF/PHF ($r=-0.53$), HRM ($r=0.51$) y RMSSD ($r=0.58$).

Finalmente, en la semana 4, las correlaciones altas se dan entre sRPE con RMSSD ($r=0.76$) y entre los metros y HRM ($r=0.64$).

Cabe destacar que en la semana 3, se dan buenos resultados en los tres métodos de cuantificación de la carga, en el sRPE con todos los parámetros HRV, y en el HRM también con prácticamente todos ellos.

Tabla 3A

Correlaciones entre métodos de cuantificación de la carga y parámetros HRV. Semana 1

	MEDIA TRIMPS	MEDIA sRPE	MEDIA METROS	DIF PLF	DIF PHF	DIF PLFn	DIF PLF/PHF	DIF HRM	DIF RMSSD
MEDIA TRIMPS	1,00								
MEDIA FOSTER	1,00	1,00							
MEDIA METROS	0,09	0,09	1,00						
DIF PLF	0,08	0,08	-0,17	1,00					
DIF PHF	-0,09	-0,09	-0,05	-0,29	1,00				
DIF PLFn	0,04	0,04	-0,27	0,82	-0,57	1,00			
DIF PLF/PHF	-0,01	-0,01	-0,28	0,68	-0,24	0,84	1,00		
DIF HRM	0,37	0,37	0,05	0,39	-0,22	0,57	0,68	1,00	
DIF RMSSD	0,11	0,11	0,05	-0,49	-0,09	-0,36	-0,33	0,01	1,00

DIF: Diferencia; PLF: Frecuencias bajas; PHF: Frecuencias altas; PLF/PHF: Ratio de frecuencias bajas y altas; PLFn: PLF/(PLF+PHF). HRM: Frecuencia cardiaca media; RMSSD: Raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR. Correlación >0.5 marcada en negrita.

Tabla 3B*Correlaciones entre métodos de cuantificación de la carga y parámetros HRV. Semana 2*

	MEDIA TRIMPS	MEDIA sRPE	MEDIA METROS	DIF PLF	DIF PHF	DIF PLFn	DIF PLF/PHF	DIF HRM	DIF RMSSD
MEDIA TRIMPS	1,00								
MEDIA FOSTER	1,00	1,00							
MEDIA METROS	0,09	0,09	1,00						
DIF PLF	0,08	0,08	-0,17	1,00					
DIF PHF	-0,09	-0,09	-0,05	-0,29	1,00				
DIF PLFn	0,04	0,04	-0,27	0,82	-0,57	1,00			
DIF PLF/PHF	-0,01	-0,01	-0,28	0,68	-0,24	0,84	1,00		
DIF HRM	0,37	0,37	0,05	0,39	-0,22	0,57	0,68	1,00	
DIF RMSSD	0,11	0,11	0,05	-0,49	-0,09	-0,36	-0,33	0,01	1,00

DIF: Diferencia; PLF: Frecuencias bajas; PHF: Frecuencias altas; PLF/PHF: Ratio de frecuencias bajas y altas; PLFn: PLF/(PLF+PHF). HRM: Frecuencia cardiaca media; RMSSD: Raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR. Correlación >0.5 marcada en negrita.

Tabla 3C*Correlaciones entre métodos de cuantificación de la carga y parámetros HRV. Semana 3*

	MEDIA TRIMPS	MEDIA sRPE	MEDIA METROS	DIF PLF	DIF PHF	DIF PLFn	DIF PLF/PHF	DIF HRM	DIF RMSSD
MEDIA TRIMPS	1,00								
MEDIA FOSTER	0,57	1,00							
MEDIA METROS	0,62	0,60	1,00						
DIF PLF	0,30	0,55	0,38	1,00					
DIF PHF	0,31	0,56	0,40	1,00	1,00				
DIF PLFn	-0,40	-0,59	-0,46	-0,36	-0,38	1,00			
DIF PLF/PHF	-0,40	-0,53	-0,10	-0,17	-0,18	0,85	1,00		
DIF HRM	0,29	0,51	0,53	0,90	0,90	-0,09	0,15	1,00	
DIF RMSSD	0,32	0,58	0,43	1,00	1,00	-0,42	-0,21	0,89	1,00

DIF: Diferencia; PLF: Frecuencias bajas; PHF: Frecuencias altas; PLF/PHF: Ratio de frecuencias bajas y altas; PLFn: PLF/(PLF+PHF). HRM: Frecuencia cardiaca media; RMSSD: Raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR. Correlación >0.5 marcada en negrita.

Tabla 3D*Correlaciones entre métodos de cuantificación de la carga y parámetros HRV. Semana 4*

	MEDIA TRIMPS	MEDIA sRPE	MEDIA METROS	DIF PLF	DIF PHF	DIF PLFn	DIF PLF/PHF	DIF HRM	DIF RMSSD
MEDIA TRIMPS	1,00								
MEDIA FOSTER	0,65	1,00							
MEDIA METROS	0,58	0,20	1,00						
DIF PLF	-0,17	0,25	-0,07	1,00					
DIF PHF	-0,18	0,26	-0,07	1,00	1,00				
DIF PLFn	0,23	-0,13	0,05	-0,88	-0,90	1,00			
DIF PLF/PHF	0,21	-0,17	0,07	-0,94	-0,95	0,99	1,00		
DIF HRM	0,29	0,20	0,64	-0,23	-0,22	0,43	0,42	1,00	
DIF RMSSD	0,16	0,76	0,05	0,52	0,54	-0,48	-0,49	0,02	1,00

DIF: Diferencia; PLF: Frecuencias bajas; PHF: Frecuencias altas; PLF/PHF: Ratio de frecuencias bajas y altas; PLFn: PLF/(PLF+PHF). HRM: Frecuencia cardiaca media; RMSSD: Raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR. Correlación >0.5 marcada en negrita.

Tabla 3E*Correlaciones entre métodos de cuantificación de la carga y parámetros HRV. Semana 5*

	MEDIA TRIMPS	MEDIA sRPE	MEDIA METROS	DIF PLF	DIF PHF	DIF PLFn	DIF PLF/PHF	DIF HRM	DIF RMSSD
MEDIA TRIMPS	1,00								
MEDIA FOSTER	0,55	1,00							
MEDIA METROS	0,72	0,63	1,00						
DIF PLF	0,14	-0,41	-0,19	1,00					
DIF PHF	0,07	-0,45	-0,29	0,98	1,00				
DIF PLFn	-0,01	0,41	0,41	-0,87	-0,94	1,00			
DIF PLF/PHF	-0,01	0,44	0,36	-0,97	-0,98	0,91	1,00		
DIF HRM	0,26	0,06	0,51	-0,09	-0,12	0,29	0,18	1,00	
DIF RMSSD	-0,13	-0,13	0,04	-0,11	-0,01	-0,20	0,16	-0,01	1,00

DIF: Diferencia; PLF: Frecuencias bajas; PHF: Frecuencias altas; PLF/PHF: Ratio de frecuencias bajas y altas; PLFn: PLF/(PLF+PHF). HRM: Frecuencia cardiaca media; RMSSD: Raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos RR. Correlación >0.5 marcada en negrita.

4. DISCUSIÓN

Los resultados, obtenidos en el estudio de las correlaciones entre parámetros de tiempo y frecuencia de HRV con los demás métodos de cuantificación de la carga, parecen positivos a la hora de tener en cuenta la variable HRV en el seguimiento de la carga de entrenamiento en un equipo a lo largo de una temporada. Se han observado índices de correlación al menos moderados (>0.5) en diversas relaciones, siendo siempre constante entre el índice PLF_n y el PLF/PHF, los cuales indican de forma más fiel la incidencia mayor o menor del sistema parasimpático o simpático. Es un buen indicador que un parámetro menos utilizado como es el PLF_n, tenga correlación directa con uno más utilizado (PLF/PHF). Es digno de mencionar que estos valores no tienen por qué ser siempre fiables, debido a que en sujetos con bradicardia o frecuencia respiratoria baja, pueden estar alterados. Se requiere indagar en la manera de que resulten fiables en la totalidad de los casos.

Cabe destacar la semana tercera, en la que, además de presentar buenas correlaciones los tres métodos tradicionales (TRIMP, sRPE y metros recorridos), todos los parámetros de HRV tienen una correlación moderada con la media de sRPE. Estas altas relaciones sugieren la validez del estudio de HRV en futuras ocasiones.

Una de las razones por las que puede que sRPE y HRV tengan una relación moderada es que la intensidad es clave en la determinación de la reactivación parasimpática cardíaca (Stanley, J. et al, 2013), y el sRPE nos da la intensidad gracias a la percepción de los propios jugadores tras cada sesión. Anteriormente se ha estudiado la recuperación de los jugadores teniendo en cuenta el seguimiento de HRV, y se determinó que al menos 48h de descanso entre sesiones trabajadas en el umbral anaeróbico o por encima de este resultaban beneficiosas, permitiéndose sesiones de intensidad baja para favorecer la recuperación parasimpática activa (Stanley, J. et al, 2013). Estas conclusiones sugieren una buena cooperación entre el método sRPE para la planificación de la carga y la HRV para el seguimiento diario a la mañana siguiente de cada sesión, controlando sobre todo el proceso de recuperación del deportista, debiendo ser individualizado debido a las necesidades y características propias en la recuperación de HRV de cada deportista (Moreno, J. et al, 2015). De hecho, existen estudios que muestran como las tomas de HRV de un día de referencia tienen buenas correlaciones con el sRPE del día anterior, por lo que puede ser útil para la cuantificación de la carga y el estado psico-fisiológico de los jugadores (Sartor, F. et al, 2013)

Otras variantes que se han planteado han sido más frecuentes en el estudio de la planificación de entrenamiento de resistencia, donde la aparición de la HRV llegó bastante antes al contexto de la investigación. Se han establecido microciclos semanales que se caracterizaban por que la intensidad de cada sesión (moderada o intensa) dependía de los niveles de HRV de cada mañana, lo cual resultó en un volumen diferente respecto a los grupos con un microciclo preestablecido (Kiviniemi, A.M. et al, 2007) (Kiviniemi, A.M. et al, 2010). El hecho de que haya sido beneficioso en el entrenamiento de resistencia parece más lógico debido a la mayor estabilidad de las variables del sujeto a medir en cada sesión de entrenamiento. Por ejemplo, se ha relacionado fuertemente la velocidad aeróbica máxima (VAM) con la HRV (Buchheit, M. et al, 2010). La transferencia al mundo del deporte colectivo plantea más aspectos a tener en cuenta, debido a las numerosas variables a seguir y la diferencia de estas en cada entrenamiento en función del objetivo de la sesión (fundamentos técnico-tácticos, velocidad máxima, potencia, etc.).

Una de las utilidades más importantes que en la bibliografía se ha deducido es la indicación de posibles estados de sobreentrenamiento. Una sobrecarga en el entrenamiento durante el tiempo suficiente disminuye notablemente la modulación parasimpática (Hynynen, E.S.A. et al, 2006), descendiendo hasta un 40%, dándose un descenso importante en la HRV, y aumentando la influencia simpática (hasta un 30%). Una recuperación correcta, en cambio, posterior a semanas con posibles indicadores de sobreentrenamiento, reestablece los valores, hasta casi los niveles iniciales (Pichot, V. et al, 2000). Estas conclusiones nos ayudan a entender la tendencia de utilidad de la HRV en el futuro del entrenamiento, también en lo que concierne a la recuperación y la prevención del riesgo de lesiones (Williams, S. et al, 2017).

Repasando parte del estudio en resistencia de la HRV y la posible transferencia al mundo del deporte colectivo, volvemos a plantearnos su comparación y posible validez para su seguimiento en coordinación con los demás métodos más tradicionales. En este estudio se ha observado una correlación constante entre sRPE y TRIMP, lo cual ha sido también refrendado en otras ocasiones (Scanlan, A.T. et al, 2014). Los resultados, en cambio, no han sugerido una correlación lineal entre la media semanal de TRIMP con la evolución de los parámetros de HRV, aunque esto no rechaza que no puedan usarse conjuntamente. Se requerirán más estudios para relacionar de manera más fuerte estos dos parámetros.

Aunque en este estudio no se han apreciado correlaciones constantes en que la diferencia de PHF (indicador de la influencia parasimpática) haya sido indicador (pero sí en la semana 3,

por ejemplo), sí se ha relacionado más fuertemente en otras ocasiones el PHF basal durante la temporada con la evolución del rendimiento en los deportistas (Botek, M. et al, 2013). Parece pues una variable válida, evidenciado también en este artículo en la semana 3, relacionado moderadamente con el método sRPE. De la misma manera se han encontrado correlaciones entre la FC y el intervalo RR o el pNN50, siendo estos dos parámetros no usados en este estudio, pero directamente relacionados con el RMSSD (Bricout, V.A. et al, 2010).

En este estudio la diferenciación de tiempo trabajado en cada zona de la FC ha sido simplemente descriptivo (no para comparación con HRV), en la bibliografía se ha estudiado últimamente el Edwards' *Sumamted-Heart-Rate-Zones Model* (SHRZ), el cual, siguiendo un protocolo de múltiplos similar al método de Lucia's TRIMP, se suman las duraciones de tiempos en cada zona de la FC, pero multiplicando cada una por el número correspondiente a la zona en la que su FC se encuentra (Duración en la zona 1 (50-59% FCmax)x1, sumando a la de la zona 2x2, y así sucesivamente). Este modelo ha presentado correlaciones con el método TRIMPS. Además, este método parece tener ventajas en la práctica y detectar mejor los cambios en las respuestas del jugador en los ciclos de entrenamiento comparado con otros programas (Berkelmans, D.M. et al, 2017), y tiene fuertes correlaciones con la cuantificación de la carga externa y este modelo (Scanlan, A.T. et al, 2014).

Otros artículos han encontrado correlaciones entre sRPE, TRIMP y SHRZ, pero en diferentes aspectos de la sesión de entrenamiento en baloncesto. Se registraron correlaciones diferentes dependiendo de si se cuantificaba la carga en situaciones de juego técnico táctico, o acondicionamiento específico, siendo la correlación menor en este apartado último, y presentando menores variaciones en la carga los modelos basados en el seguimiento de la FC (TRIMPS y SHRZ). Parece pues en este caso que para la cuantificación de la carga en juegos de campo, trabajo intermitente o ejercicios multidireccionales, los beneficios y la sensibilidad del sRPE facilitan el seguimiento (Scanlan, A.T. et al, 2014). Este aspecto, al haber encontrado más correlación del HRV con sRPE que con las demás, puede sugerirnos la combinación de estas como un buen método de cuantificación de la carga.

El amplio estudio que concierne a la HRV es debido a la gran variedad de factores que influyen en su valor, tanto fisiológicos como patológicos, ambientales, de estilo de vida o no modificables (Fatisson, J. et al, 2016). Es un parámetro que tiene multitud de ramas (también dentro del deporte) en las que hacer hincapié, por lo que continuamente se plantean nuevas metodologías de medición y análisis más concretos y fiables, como los valores de

SD1(relacionado con la actividad parasimpática) y SD2 (relacionado inversamente con la actividad simpática), de los cuales se sacan el Stress Score (SS) y el S/SP ratio, que nos permiten establecer estados de alerta en los jugadores (8 de 10 en SS y 0.2 en S/PS), a lo largo de una temporada (Naranjo, J. et al, 2015).

En resumen, se ha puesto como objeto de estudio la relación entre los distintos métodos de cuantificación de la carga y entre estos con la complementación del seguimiento de HRV durante la temporada en un equipo de un deporte colectivo como es el baloncesto. Pese a que comienzan a surgir metodologías que se plantean como más beneficiosas en el futuro, como el BRS (relación de los intervalos RR con el aumento de la presión arterial) (Bourdillon, N. et al, 2018), en una amplia cantidad de estudios se acepta la HRV como un indicador válido de la fatiga y el proceso de recuperación del deportista y su influencia útil en el seguimiento y planificación de la carga, independientemente de la edad o nivel, sean jugadores de un equipo profesional (Oliveira, R.S. et al, 2013) o jóvenes en formación (Egan-Shuttler, J.D. et al, 2018).

5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este trabajo son las siguientes:

- El estudio de la HRV parece ser una buena herramienta junto con sRPE como metodología de cuantificación de la carga en deportes intermitentes como el baloncesto.
- El uso del HRV como método de seguimiento del estado de fatiga y recuperación del jugador y estados de sobreentrenamiento.
- Ante la limitada bibliografía en lo referente a la relación entre HRV y sistemas de cuantificación de la carga externa e interna en deportes colectivos, se requiere una mayor investigación para la comparación más detallada de los diferentes efectos que tiene un tipo de entrenamiento o deporte genera en los valores de HRV, para así determinar el mejor método posible de seguimiento del estado tanto fisiológico como físico y psicológico del deportista, teniendo en cuenta la individualización del proceso y la globalidad del deporte en cuanto a la multiplicidad de las variables.
- Parece conveniente indagar en la utilización de los ratios PLFn y PLF/PHF, pese a tener en cuenta que sus valores no tienen por qué ser siempre fiables.
- Utilización del HRM como complemento e indicador descriptivo de los demás parámetros, al verse las altas correlaciones que se dan en varias semanas.
- La posibilidad de estudio de nuevas tendencias de estudio, como por ejemplo la cuantificación con el SHRZ, así como de su relación con los parámetros actuales más utilizados.

CONCLUSIONS

The main conclusions of this work are the following:

- *The study of the HRV seems to be a good tool together with sRPE as a methodology for quantifying the load in intermittent sports such as basketball.*
- *The use of HRV as a method of monitoring the state of fatigue, recovery of the player and overtraining states.*
- *Before the limited bibliography regarding the relation between HRV and quantification systems of external and internal load in collective sports, more research is required for a more detailed comparison of the different effects that a type of training or sport generates in the values of HRV, in order to determine the best possible tracking method of the athlete's physiological, physical and psychological state, taking into account the individualization of the process and the global nature of the sport in terms of the multiplicity of variables.*
- *It seems advisable to investigate the use of the PLFn and PLF/PHF ratios, despite the fact that their values do not always have to be reliable.*
- *Use of the HRM as a complement and descriptive indicator of the other parameters, seeing the high correlations that occur in several weeks.*
- *The possibility of studying new study trends, such as quantification with the SRHZ, as well as its relationship with the most commonly used current parameters.*

6. BIBLIOGRAFÍA

Roldas, G., Pedrel Carballido, C., Capdevila, L., & Villegas García, J. A. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *Archivos de medicina del deporte*, (123), 41-47.

Naranjo, J., De la Cruz, B., Sarabia, E., De Hoyo, M., & Domínguez-Cobo, S. (2015). Heart rate variability: a follow-up in elite soccer players throughout the season. *International journal of sports medicine*, 94(11), 881-886.

Billman, G. E. (2011). Heart rate variability—a historical perspective. *Frontiers in physiology*, 2, 86.

Stanley, J., Peake, J. M., & Buchheit, M. (2013). Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. *Sports medicine*, 43(12), 1259-1277.

Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., Nissilä, J., Virtanen, P., Karjalainen, J., & Tulppo, M. P. (2010). Daily exercise prescription on the basis of HR variability among men and women. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(7), 1355-1363.

Bricout, V. A., DeChenaud, S., & Favre-Juvin, A. (2010). Analyses of heart rate variability in young soccer players: the effects of sport activity. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 154(1), 112-116.

Hoffman, J. R., Bar-Eli, M., & Tenenbaum, G. (1999). An examination of mood changes and performance in a professional basketball team. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(1), 74.

Hoover, S. J., WINNER, R. K., McCutchan, H., Beaudoin, C. C., Judge, L. W., Jones, L. M., ... & Hoover, D. L. (2017). Mood and Performance Anxiety in High School Basketball Players: A Pilot Study. *International journal of exercise science*, 10(4), 604.

Mundial, A. M. Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Fortaleza: 64. a Asamblea General de la AMM; 2013

Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Sue DY, Wasserman K, Whipp BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol*. 1983.

Sapp, R. M., Aronhalt, L., Landers-Ramos, R. Q., Spangenburg, E. E., Wang, M. Q., & Hagberg, J. M. (2017). Laboratory and Match Physiological Data From an Elite Male Collegiate Soccer Athlete. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(10), 2645-2651.

Barroso, R., Salgueiro, D. F., do Carmo, E. C., & Nakamura, F. Y. (2015). The effects of training volume and repetition distance on session rating of perceived exertion and internal load in swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 10(7), 848-852.

Fox, J. L., Scanlan, A. T., & Stanton, R. (2017). A review of player monitoring approaches in basketball: Current trends and future directions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(7), 2021-2029.

Moreno, J., Ramos-Castro, J., Rodas, G., Tarragó, J. R., & Capdevila, L. (2015). Individual recovery profiles in basketball players. *The Spanish journal of psychology*, 18.

Sartor, F., Vailati, E., Valsecchi, V., Vailati, F., & La Torre, A. (2013). Heart rate variability reflects training load and psychophysiological status in young elite gymnasts. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(10), 2782-2790.

Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., & Tulppo, M. P. (2007). Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European journal of applied physiology*, 101(6), 743-751.

Buchheit, M., Chivot, A., Parouty, J., Mercier, D., Al Haddad, H., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2010). Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *European journal of applied physiology*, 108(6), 1153-1167.

Hynynen, E. S. A., Uusitalo, A., Kontinen, N., & Rusko, H. (2006). Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. *Medicine & science in sports & exercise*, 38(2), 313-317

- Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J. M., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, P., ... & Barthelemy, J. C. (2000). Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(10), 1729-1736
- Williams, S., Booton, T., Watson, M., Rowland, D., & Altini, M. (2017). Heart Rate Variability is a Moderating Factor in the Workload-Injury Relationship of Competitive CrossFit™ Athletes. *Journal of sports science & medicine*, 16(4), 443.
- Scanlan, A. T., Wen, N., Tucker, P. S., & Dalbo, V. J. (2014). The relationships between internal and external training load models during basketball training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9), 2397-2405.
- Fatissou, J., Oswald, V., & Lalonde, F. (2016). Influence diagram of physiological and environmental factors affecting heart rate variability: an extended literature overview. *Heart international*, 11(1), e32.
- Botek, M., McKune, A. J., Krejci, J., Stejskal, P., & Gaba, A. (2013). Personal pdf file for. *Int J Sports Med*, 10, 0033-1354385.
- Bricout, V. A., DeChenaud, S., & Favre-Juvin, A. (2010). Analyses of heart rate variability in young soccer players: the effects of sport activity. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 154(1), 112-116.
- Berkelmans, D. M., Dalbo, V. J., Kean, C. O., Milanović, Z., Stojanović, E., Stojiljković, N., & Scanlan, A. T. (2017). HEART RATE MONITORING IN BASKETBALL: APPLICATIONS, PLAYER RESPONSES, AND PRACTICAL RECOMMENDATIONS. *Journal of strength and conditioning research*.
- Scanlan, A. T., Wen, N., Tucker, P. S., Borges, N. R., & Dalbo, V. J. (2014). Training mode's influence on the relationships between training-load models during basketball conditioning. *International journal of sports physiology and performance*, 9(5), 851-856
- Bourdillon, N., Yazdani, S., Nilchian, M., Mariano, A., Vesin, J. M., & Millet, G. (2018). *Overload blunts baroreflex only in overreached athletes* (No. EPFL-ARTICLE-234503). Elsevier.

Oliveira, R. S., Leicht, A. S., Bishop, D., Barbero-Alvarez, J. C., & Nakamura, F. Y. (2013). Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players. *International journal of sports medicine*, 34, 424-430.

Egan-Shuttler, J. D., Edmonds, R., & Ives, S. J. (2018). The Efficacy of Heart Rate Variability in Tracking Travel and Training Stress in Youth Female Rowers: A Preliminary Study. *Journal of strength and conditioning research*.